

GESELLSCHAFT FÜR STRAHLEN -
UND UMWELTFORSCHUNG MBH
MÜNCHEN

Institut für Tieflagerung

STRAHLENSCHUTZ UND UMGEBUNGSÜBERWACHUNG
IM BEREICH DER SCHACHTANLAGE ASSE

Jahresbericht 1989

von



August 1990

GSF-Bericht TL 27/90

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung	1
2. Umgebungsüberwachung	4
2.1 Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser	4
2.2 Pu 239-, Cs 137- und Sr 90-Aktivität im Trinkwasser	10
2.3 Aerosolaktivität der Umgebungsluft	10
2.4 Grasproben	13
2.5 Bodenproben	17
2.6 Aktivitätsflächenbelegung des Bodens	19
2.7 Strahlung in der Umgebung	19
3. Betrieblicher Strahlenschutz	24
3.1 Ortsdosismessungen	24
3.2 Dosisleistungsmessungen	25
3.3 Personendosisüberwachung	27
3.4 Inkorporationsüberwachung	27
4. Emissionsüberwachung	28
4.1 Aerosolaktivität	28
4.2 Tritium	31
4.3 Kohlenstoff 14	31
4.4 Andere Radionuklide	32
4.5 Ergebnisse der Abluftüberwachung	33
4.6 Potentielle Strahlenbelastung in der Umgebung	36
5. Zusammenfassung	37

1. Einleitung

Die Strahlenschutzmessungen im Bereich der Schachtanlage Asse umfassen die Überwachung der Umweltradioaktivität sowie die Überwachung der betrieblichen Maßnahmen zum Schutz von Belegschaft und Bevölkerung vor ionisierenden Strahlen.

Seit dem 01.01.1979 werden keine radioaktiven Abfälle mehr in das Grubengebäude eingelagert. Bei der Durchführung einiger Forschungsprogramme werden jedoch radioaktive Stoffe und Strahlenquellen eingesetzt. Die Strahlenschutzüberwachung erstreckt sich daher vor allem auf die Überwachung des Personals, der Abluft und der Umgebung der Anlage. Die hierzu erforderlichen Maßnahmen ergeben sich entweder direkt aus gesetzlichen Vorschriften und Richtlinien oder aus den Auflagen der zuständigen Genehmigungsbehörde. Darüber hinaus werden Messungen zur wissenschaftlichen Beobachtung der eingelagerten radioaktiven Abfälle vorgenommen.

Die Programme zur Abluft- und Umgebungsüberwachung durch den Betreiber und durch unabhängige Meßstellen wurden in Anlehnung an die "Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen" (Gemeinsames Ministerialblatt Nr. 32, November 1979, Hrg.: Der Bundesminister des Innern) aufgestellt und wie im Vorjahr durchgeführt.

Alle Probenahmen zur Durchführung des betreibereigenen Überwachungsprogramms werden durch das Institut für Tieflagerung entnommen bzw. gesammelt. An den Messungen und Auswertungen sind außerdem das Institut für Strahlenschutz und das Institut für Hydrologie der GSF sowie das Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz in Neuherberg beteiligt. Soweit im Text nicht anders vermerkt, sind die Messungen und Auswertungen auf der Schachtanlage Asse vorgenommen worden.

In den Jahresberichten über "Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung im Bereich der Schachtanlage Asse" werden die wichtigsten Daten der betrieblichen Überwachung sowie die im Rahmen der betreibereigenen Umgebungsüberwachung ermittelten Meßergebnisse veröffentlicht.

Soweit nicht anders angegeben, sind die Nachweisgrenzen auf der Grundlage des Nulleffekts unter Verwendung der dreifachen Standardabweichung (Vertrauensbereich ca. 99,7 %), dem Wirkungsgrad der Meßapparatur, der Meßzeit und der verwendeten Probenmenge ermittelt.

In diesem Bericht werden die Meßwerte in den gesetzlichen Einheiten des Internationalen Systems (SI) angegeben. In der nachfolgenden Tabelle sind die Beziehungen zwischen den SI-Einheiten und den früher gebräuchlichen radiologischen Einheiten sowie die Umrechnungen für die wichtigsten abgeleiteten Größen angegeben:

Aktivität:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Ci (Curie)} &= 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq (Becquerel)} = 37 \text{ GBq} \\ 1 \text{ Bq} &= 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ci} = 27 \text{ pCi} \end{aligned}$$

Ionendosis:

$$\begin{aligned} 1 \text{ R (Röntgen)} &= 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg (Coulomb/Kilogramm)} \\ 1 \text{ C/kg} &= 3876 \text{ R} \end{aligned}$$

Energiedosis:

$$\begin{aligned} 1 \text{ rd (Rad)} &= 0,01 \text{ Gy (Gray)} = 0,01 \text{ Joule/kg} \\ 1 \text{ Gy} &= 100 \text{ rd} \end{aligned}$$

Äquivalentdosis:

$$\begin{aligned} 1 \text{ rem (Rem)} &= 0,01 \text{ Sv (Sievert)} = 0,01 \text{ Joule/kg} \\ 1 \text{ Sv} &= 100 \text{ rem} \end{aligned}$$

Aktivitätskonzentration:

$$1 \text{ pCi/l} = 1 \text{ nCi/m}^3 = 37 \text{ mBq/l}$$

$$1 \text{ mBq/l} = 1 \text{ Bq/m}^3 = 27 \text{ fCi/l}$$

$$1 \text{ Bq/kg} = 27 \text{ pCi/kg}$$

Aktivitäts-Flächenbelegung:

$$1 \text{ } \mu\text{Ci/cm}^2 = 37 \text{ kBq/cm}^2$$

$$1 \text{ Bq/cm}^2 = 27 \text{ pCi/cm}^2$$

Dosisleistung:

$$1 \text{ } \mu\text{rem/h} = 10 \text{ nSv/h}$$

$$1 \text{ } \mu\text{Sv/h} = 0,1 \text{ mrem/h}$$

$$100 \text{ nSv/h} = 0,876 \text{ mSv/a} = 87,6 \text{ mrem/a}$$

Die Vorsätze bzw. Vorsatzzeichen bezeichnen Faktoren, mit denen die Einheit multipliziert wird:

$$\text{Giga (G)} = 10^9$$

$$\text{Mega (M)} = 10^6$$

$$\text{Kilo (k)} = 10^3$$

$$\text{milli (m)} = 10^{-3}$$

$$\text{mikro } (\mu) = 10^{-6}$$

$$\text{nano (n)} = 10^{-9}$$

$$\text{pico (p)} = 10^{-12}$$

$$\text{femto (f)} = 10^{-15}$$

2. Umgebungsüberwachung

In der Umgebung des Salzbergwerkes Asse werden laufend Proben genommen, die auf ihren Gehalt an radioaktiven Stoffen untersucht werden. Die Probenahme berücksichtigt die bei der Lagerung von radioaktiven Abfällen in einem Salzbergwerk in Frage kommenden Belastungspfade über Luft und Wasser.

Aus der besonderen Situation einer Forschungs- und Entwicklungsanlage für Methoden der Endlagerung radioaktiver Abfälle ergibt sich, daß ein Teil der Überwachungsmessungen als wissenschaftliche Begleituntersuchungen von Forschungsvorhaben durchgeführt werden und das für die Immissionsüberwachung notwendige Maß überschreiten. Die Untersuchung von Wasser aus der Umgebung stellt in diesem Zusammenhang eine reine Vorsorgemaßnahme dar, da keinerlei Kontakt zu den eingelagerten radioaktiven Abfällen besteht. Die geologischen und hydrologischen Verhältnisse werden in einem begleitenden Forschungsprogramm erkundet und bei der Auswahl der Meßstellen berücksichtigt.

Die Überwachung der Umweltradioaktivität im Bereich des Salzbergwerkes Asse wurde wie im Vorjahr nach dem in Tabelle 1 zusammengestellten Programm durchgeführt. Der Umfang des vorgeschriebenen betreiber-eigenen Überwachungsprogrammes mit 368 jährlichen Messungen und Probenahmen blieb gegenüber dem Vorjahr unverändert.

2.1 Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwasser

In Abstimmung mit dem hydrologischen Forschungsprogramm im Bereich des Asse-Höhenzuges werden von ausgewählten Meßstellen vierteljährlich jeweils 1-Liter-Wasserproben auf ihren Gehalt an Beta-Aktivität untersucht. Die Lage der Meßstellen ist Abb. 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Programm der Umgebungsüberwachung im Bereich des Salzbergwerkes Asse
(Stand 31.12.1982)

Art der Maßnahme	Anzahl der Meßstellen	Meßfrequenz	Jährliche Meßproben	Meßverfahren
1. Bestimmung der Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenchemwasser	27	vierteljährl. Probenahme	108	Messung des Eindampfrückstandes im Methandurchflußzähler und Bestimmung des Kaliumgehaltes
2. Untersuchung von Trinkwasser auf Sr 90, Cs 137, Pu 239	5	monatliche Probenahme, halbjährl. Auswertung	10	Einzelnuklidanalyse
3. Messung der kurz- und langlebigen Aerosolaktivität der Luft	8	monatlich vier Stichproben	48	Luftstaubsammlung über Großflächenfilter und Ausmessung im Methandurchflußzähler
4. Bestimmung der Aktivität von Grasproben	2	kont. Sammlung 14-tägl. Auswertung	52	Gammastrahlungsmessung Einzelnuklidbestimmung
5. Bestimmung der Aktivität von Bodenproben	4	halbjährliche Probenahme	8	Gammastrahlungsmessung Einzelnuklidbestimmung
6. Messung der Aktivitätsflächenbelegung des Bodens	4	halbjährlich	8	Gammastrahlungsmessung Einzelnuklidbestimmung
7. Überwachung der externen Strahlenbelastung	39	kontinuierliche Exposition, halbjährl. Auswertung	78	Gesamt-Beta-Kontaminationsmonitor Festkörperdosimeter
	8	monatlich vier Stichproben	48	Kurzzeitmessung der Gammadosisleistung

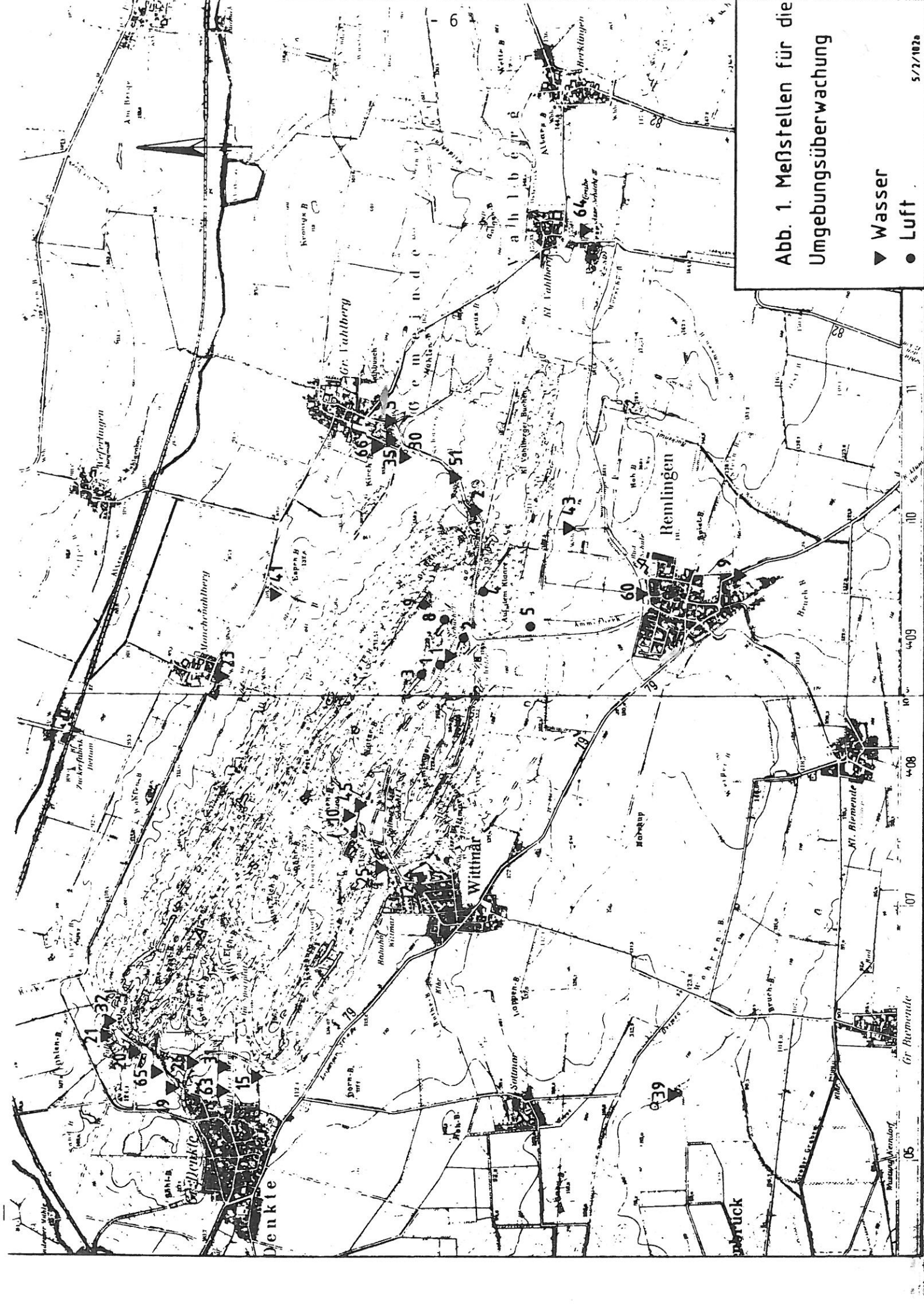


Abb. 1. Messstellen für die
Umgebungsüberwachung

- ▼ Wasser
- Luft

Von den Rückständen der eingedampften Proben wurde in einem Großflächendurchflußzähler die Beta-Gesamtaktivität (β_g) gemessen. Zusätzlich wurde der Kaliumgehalt der Wasserproben flammenphotometrisch vom chemischen Labor des Instituts in Braunschweig ermittelt. Durch Abzug des K-40 Aktivitätsanteils von der Beta-Gesamtaktivität wurde die Beta-Restaktivität (β_n) errechnet.

Bei Wasserproben mit hohem Kaliumgehalt ist diese Methode zur Bestimmung der Beta-Restaktivität mit großen Unsicherheiten behaftet. Das stark salzhaltige Wasser aus der Meßstelle 63 wurde daher zusätzlich einer gammaspektrometrischen Einzelnuklidanalyse unterzogen. Bei einer Nachweisgrenze von 0,10 Bq/l (bezogen auf Co 60) wurden keine Radionuklide außer den natürlich vorkommenden festgestellt.

Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Sie stellen wie in den vergangenen Jahren Nullpegelwerte dar. Die an einigen Stellen hohen Beta-Gesamtaktivitäten (z.B. Meßstellen-Nr. 9, 25, 63, 64) sind auf den erhöhten Kaliumgehalt dieser Wässer und somit auf das natürlich radioaktive Kaliumisotop K 40 zurückzuführen.

Tabelle 2: Beta-Aktivität von Grund- und Oberflächenwässern
im Jahre 1989. Zahlenangaben in Bq/l.

Bg = Beta-Gesamtaktivität

Bn = um den K-40-Anteil verminderte nicht identifizierte
Beta-Restaktivität

- = Kein Zugang bzw. trocken

x) = Probenmenge jeweils 400 ml

1) Gammaskpektrometrische Nachweisgrenze, bezogen auf Co-60

Nr. Meßstelle	Januar		April		Juli		Oktober	
	Bg	Bn	Bg	Bn	Bg	Bg	Bn	
Brunnen Schachtanl. Asse II	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
2 Obere Quellf. Gr. Vahlberg	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
5 Vorfluter östl. Gr. Vahlberg	<0,18		<0,18		0,21	<0,18	<0,18	
9 Wasserversorg. Remlingen	1,0	<0,18	1,3	<0,18	0,9	0,22	0,94	<0,18
10 Wasserversorg. Schachtanlage I	0,19	<0,18	<0,18		0,19	<0,18	<0,18	
12 Brunnen Wittmar	<0,18		<0,18		0,23	<0,18	<0,18	
15 Quelle östl. Gr. Denkte	0,20	<0,18	0,22	<0,18	0,18	<0,18	<0,18	
19 Vorfluter oberh. Bad Gr. Denkte	0,28	<0,18	0,31	<0,18	0,30	<0,18	<0,18	
20 Quelle südl. Falkenheim	0,19	<0,18	0,21	<0,18	<0,18		<0,18	
21 Quelle am Weiher Falkenheim	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
23 Wasserversorg. Mönchevahlberg	0,18	<0,18	0,25	0,19	<0,18		0,21	<0,18
25 Vorfluter nördl. Wittmar	1,20	<0,18	1,80	0,22	1,60	0,30	0,80	<0,18

Nr. Meßstelle	Januar		April		Juli		Oktober		
	Bg	Bn	Bg	Bn	Bg	Bg	Bn		
26	Quelle nordöstl. Gr. Denkte	0,20	<0,18	0,25	<0,18	<0,18		0,28	<0,18
30	Drainage Park Gr. Vahlberg	<0,18		<0,18		<0,18		0,20	<0,18
31	Vorfluter östl. Gr. Denkte	<0,18		<0,18		0,19	<0,18	<0,39	0,25
32	Wasserversorg. Falkenheim	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
35	Vorfluter Park Gr. Vahlberg	<0,18		<0,18		0,20	<0,18	<0,18	
39	Wasserversorg. Kissenbrück	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
41	Vorfl. westl. Espenberg	<0,18		<0,18		0,21	<0,18	<0,18	
43	Löffelgraben nordöstl. Remlingen	<0,18		<0,18		0,30	<0,18	0,24	<0,18
45	Schacht Asse 1	0,67	0,30	0,55	<0,18	0,60	0,20	0,64	<0,18
51	Überlauf Wasserversorgung. Gr. Vahlberg	<0,18		<0,18		<0,18		<0,18	
60	Straßenbrunnen Remlingen	<0,18		<0,18		0,19	<0,18	0,24	<0,18
63	Quelle nördl. Bleier Weg Gr. Denkte	32,0	<0,10	29,2	<0,10	30,2	<0,10	35,4	<0,10 ¹⁾
64	Schacht Asse 3	1,32	<0,18	1,46	<0,18	1,6	<0,18	1,4	<0,18
65	Überlauf Wasserversorgung Gr. Denkte	0,20	<0,18	0,27	<0,18	0,31	<0,18	0,21	<0,18
66	Quelle Feldsch. Gut Münchhausen	<0,18		--		--		--	

2.2 Pu 239-, Cs 137- und Sr 90-Aktivität im Trinkwasser

Das Trinkwasser der umliegenden Ortschaften wird, soweit es aus dem Bereich des Asse-Höhenzuges stammt, in regelmäßigen Abständen untersucht. Aus den Trinkwasserversorgungsleitungen wurden monatlich gleichgroße Stichproben entnommen, Trägerlösungen zugesetzt und halbjährlich zu jeweils einer 50 l-Mischprobe zusammengefaßt. Die Analysen auf den Gehalt an Plutonium 239, Cäsium 137 und Strontium 90 wurden vom Institut für Strahlenschutz der GSF ausgeführt. Die Nachweisgrenzen betragen 0,19 mBq/l für Pu 239 sowie 1,9 mBq/l jeweils für Cs 137 und Sr 90.

Die Meßergebnisse sind zusammen mit den Vorjahreswerten in Tabelle 3 aufgeführt. Der Anstieg der Strontium-90-Konzentration gegenüber dem Vorjahr deutet daraufhin, daß verstärkt oberflächennahes Grundwasser mit erfaßt wurde. Hierin wird die Strontium-90-Konzentration durch den Fallout früherer oberirdischer Kernwaffenversuche und des sowjetischen Reaktorunglücks von Tschernobyl hervorgerufen. Strontium-90-Konzentrationen in dieser Größenordnung wurden auch in den vergangenen Jahren von anderen Meßstellen an anderen Brunnen für Trinkwasserversorgungen in der BRD gemessen (vgl. "Bericht zur Strahlenexposition im Jahre 1981" und folgende Jahre des Bundesministeriums des Innern bzw. des BMU).

2.3 Aerosolaktivität der Umgebungsluft

Die Überwachung der bodennahen Luft in der Umgebung der Schachtanlage erfolgt an den in Abb. 1 gekennzeichneten Stellen, indem monatlich Stichproben auf ihre kurz- und langlebige Aerosolaktivität ausgemessen werden. Bei der Probenahme werden an jeweils vier wechselnden Meßstellen etwa 100 m^3 Luft über ein Großflächenfilter mit ca. 300 cm^2 Querschnitt gesaugt. Eine der Proben wird stets in der jeweils herrschenden Abwindrichtung genommen. Anschließend wird die Alpha- und Beta-Aktivität der auf dem Filter gesammelten Aerosole unter einem Großflächendurchflußzähler gemessen.

Tabelle 3: Trinkwasseruntersuchungen auf den Gehalt an Pu 239, Cs 137 und Sr 90

Angaben in mBq/l

Trinkwasser versorgung ^x	Radio- nuklid	Nov. 1987 - April 1988	Mai 1988 - Okt. 1988	Nov. 1988 - April 1989	Mai 1989 - Okt. 1989
Remlingen Nr. 9	Pu 239	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19
	Sr 90	2,5	3,4	4,8	5,4
	Cs 137	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9
Mönchevahl- berg Nr. 23	Pu 239	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19
	Sr 90	<1,9	<1,9	9,8	4,9
	Cs 137	2,3	<1,9	<1,9	<1,9
Falkenheim Brunnen Nr. 32	Pu 239	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19
	Sr 90	<1,9	<1,9	2,3	4,1
	Cs 137	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9
Kissenbrück Wasserbe- hälter Nr.39	Pu 239	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19
	Sr 90	2,7	<1,9	6,3	4,5
	Cs 137	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9
Gr.Vahlberg Überlauf Wasserbe- hälter Nr.51	Pu 239	<0,19	<0,19	<0,19	<0,19
	Sr 90	4,6	2,5	5,6	4,9
	Cs 137	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9

x) Die Nummer entspricht der jeweiligen Meßstelle der Tabelle 2

Die Gesamt-Aktivitätskonzentration der kurzlebigen radioaktiven Aerosole lagen die Werte zwischen 2 und 42 Bq/m³ und somit im Bereich der meteorologisch bedingten Schwankungen (ca. 0,5 bis 100 Bq/m³) der in der Natur vorkommenden Radon- und Thoron-Folgeprodukte, wie sie auch an anderen Stellen der Bundesrepublik Deutschland gemessen werden. Eine Erhöhung der Werte durch die Abwetter der Schachanlage konnte selbst an der Probenahmestelle, die stets in der Abluftfahne des Diffusors gewählt wurde, nicht festgestellt werden.

Nach einer Abklingzeit von sieben Tagen wurden die Filter erneut ausgemessen. Die so bestimmten langlebigen Aerosolaktivitäten lagen unter den Nachweisgrenzen von 1,5 mBq/m³ für die Alpha- bzw. Beta-Aktivitätskonzentration.

Die stichprobenartige Überwachung der Umgebungsluft wird durch die kontinuierliche Aerosolsammlung an zwei fest installierten Meßstellen ergänzt. Eine der Meßstellen liegt ca. 150 m südlich vom Diffusor im Sektor der geringsten Windrichtungshäufigkeit und wird somit von der Abwetterfahne kaum beaufschlagt. Sie dient gleichzeitig als Referenzmeßstelle für die Abluftüberwachung. Die zweite Sammelstation befindet sich in der häufigsten Ausbreitungsrichtung am Zaun der Anlage. An beiden Stationen werden die Aerosole auf einem Großflächenfilter mit ca. 300 cm² Fläche gesammelt und die akkumulierten Alpha- und Beta-Aktivitäten kontinuierlich gemessen und registriert.

Nach einem Luftdurchsatz von ca. 8000 m³ werden die Filter 14-täglich gewechselt und gammaspektrometrisch analysiert. Dabei wurden in der Regel Nachweisgrenzen von weniger als 10 µBq/m³ (bezogen auf Co 60) erreicht. Darüber hinaus werden einzelne Filter stichprobenartig zu Kontrollzwecken im Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes ausgemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Außer den ständig in der Umgebungsluft anzutreffenden Radionukliden Beryllium 7, das vorwiegend durch Höhenstrahlung

gebildet wird, und Blei 210, dem langlebigen Zerfallsprodukt des Radon 222, wurden noch Spuren von Cäsium 137 gemessen. Cäsiumkonzentrationen dieser Größenordnung wurden auch an anderen Stellen in der Bundesrepublik gemessen, z.B. von der Physikalisch Technische Bundesanstalt in Braunschweig (vgl. den Bericht PTB-Ra-25 "Radionuklide Concentration in Ground-Level Air from 1988 to 1989 in North Germany and North Norway"). Dieses Cäsium entstammt Ablagerungen nach früheren oberirdischen Kernwaffenversuchen und dem Reaktorunfall von Tschernobyl, die als Staub vom Boden aufgewirbelt werden.

2.4 Grasproben

In der näheren Umgebung der Schachtanlage Asse werden regelmäßig an mehreren Stellen Bewuchsproben genommen und ihre Aktivitätskonzentration gemessen. Die Probenahmestellen sind so ausgewählt, daß dort, entsprechend den Hauptwindrichtungen an der Asse, eventuelle Ablagerungen von Stäuben aus der Grubenabluft mit erfaßt werden. Die Lage der vier Probenahmestellen ist aus Abb. 2 ersichtlich. Eine davon (G 7) liegt ca. 2 km südwestlich der Anlage und dient als Referenzstelle.

Die Entnahme der Grasproben erfolgt zweimal jährlich. Die Proben werden getrocknet, zerkleinert und anschließend ca. 20 Stunden in einer 1 l-Ringschale gammaspektrometrisch gemessen. Dabei wurde eine Nachweisgrenze von 0,6 Bq/kg Trockensubstanz (bezogen auf Co 60) erreicht. Die Ergebnisse sind zusammen mit den Vorjahreswerten der Tabelle 5 zu entnehmen.

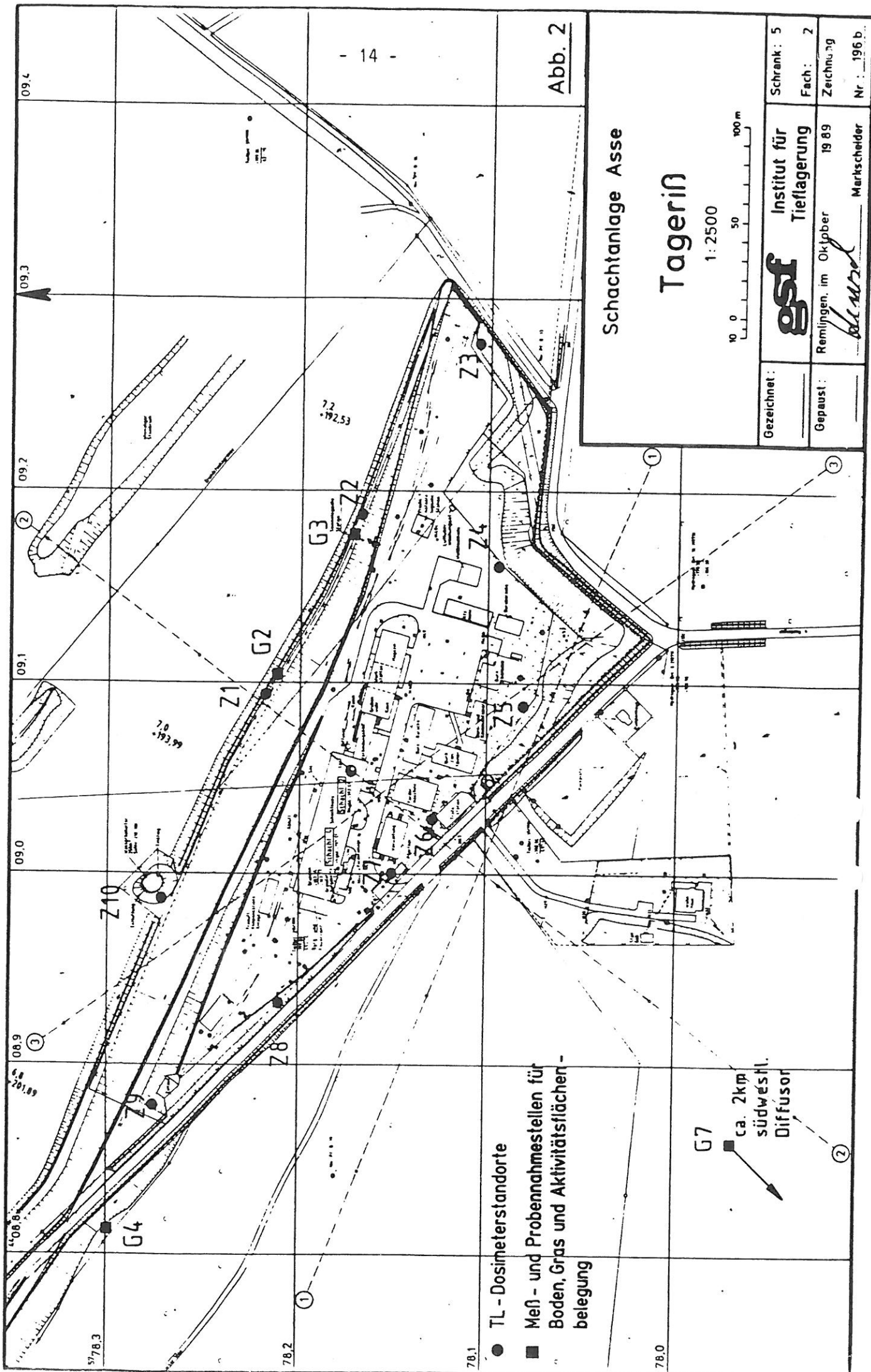


Abb. 2

- TL - Dosimeterstandorte
- Meß - und Probenahmestellen für Boden, Gras und Aktivitätsflächenbelegung

G7
 ca. 2km südwestl. Diffusor

Tabelle 4: Aktivitätskonzentration langlebiger Aerosole der Luft
in der Umgebung der Schachtanlage Asse, in mBq/m³

<u>Sammelzeitraum (1989)</u>	<u>Referenzstelle</u>			<u>Anlagenzaun in Haupt- ausbreitungsrichtung</u>			
	<u>Nuklid</u>	<u>Be 7</u>	<u>Pb 210</u>	<u>Cs 137</u>	<u>Be 7</u>	<u>Pb 210</u>	<u>Cs 137</u>
27.12. - 13.01.		2,9	0,44	<0,003	2,3	0,36	0,006
13.01. - 27.01.		3,1	0,49	<0,009	2,2	0,30	0,016
27.01. - 10.02.		3,3	0,77	<0,004	2,7	0,57	0,010
10.02. - 24.02.		3,2	0,41	<0,005	2,2	0,29	0,012
24.02. - 10.03.		2,5	0,25	<0,007	1,7	0,16	0,008
10.03. - 23.03.		2,8	0,17	<0,008	2,0	0,15	< 0,005
23.03. - 07.04.		3,8	0,31	<0,006	2,6	0,24	0,009
07.04. - 21.04.		3,6	0,44	0,010	2,5	0,33	0,008
21.04. - 08.05.		3,3	0,31	0,009	2,5	0,26	0,006
08.05. - 19.05.		4,2	0,26	0,013	3,3	0,25	0,012
19.05. - 02.06.		5,1	0,33	0,025	4,1	0,28	0,013
02.06. - 16.06.		3,2	0,23	0,009	2,8	0,24	< 0,005
16.06. - 30.06.		4,8	0,39	0,020	3,8	0,36	0,011
30.06. - 14.07.		4,1	0,35	< 0,009	3,7	0,30	0,009
14.07. - 28.07.		2,9	0,37	0,012	2,6	0,25	< 0,006
28.07. - 11.08.		2,7	0,24	0,012	2,3	0,25	0,008
11.08. - 25.08.		4,4	0,44	0,009	3,6	0,34	< 0,004
25.08. - 08.09.		2,7	0,27	< 0,005	2,2	0,24	< 0,008
08.09. - 22.09.		3,5	0,66	< 0,006	2,9	0,47	0,007
22.09. - 06.10.		1,4	0,39	< 0,005	2,0	0,34	< 0,009
06.10. - 20.10.		2,6	0,42	< 0,008	1,9	0,31	0,006
20.10. - 03.11.		3,2	0,61	< 0,003	2,3	0,44	0,007
03.11. - 17.11.		2,2	0,51	< 0,006	1,3	0,28	< 0,009
17.11. - 01.12.		2,2	0,67	< 0,009	1,3	0,37	0,009
01.12. - 15.12.		2,1	0,50	< 0,004	1,4	0,34	< 0,006
15.12. - 29.12.		2,5	0,31	< 0,005	1,7	0,22	< 0,005
29.12. - 12.01.		2,7	0,79	< 0,011	1,9	0,65	< 0,013

Tabelle 5: Spezifische Aktivität von Grasproben aus der Umgebung der Schachtanlage Asse in Bq/kg Trockensubstanz (- = unterhalb der Nachweisgrenze)

<u>Probenahme-</u> <u>datum</u>		<u>25.05.88</u>	<u>21.09.88</u>	<u>13.06.89</u>	<u>05.09.89</u>
<u>Ort</u> <u>(s. Abb. 2)</u>	<u>Nuklid</u>				
G 2	Be 7	95	148	93	79
	K 40	590	487	527	227
	Pb 210	44	29	38	30
	Pb 212	1,1	3,3	5,3	3,0
	Pb 214	1,5	2,7	3,3	2,4
	Cs 137	4,5	5,4	4,4	4,8
	Cs 134	1,5	1,9	1,2	0,95
G 3	Be 7	86	146	95	159
	K 40	386	395	49	190
	Pb 210	44	22	45	62
	Pb 212	0,5	2,6	7,4	3,0
	Pb 214	1,3	3,2	5,9	3,2
	Cs 137	8,8	5,8	5,7	6,0
	Cs 134	2,5	1,5	1,3	1,2
G 4	Be 7	116	203	79	213
	K 40	584	528	595	408
	Pb 210	53	36	36	69
	Pb 212	2,2	2,7	2,7	5,6
	Pb 214	2,4	2,1	3,0	4,3
	Cs 137	22	36	18	24
	Cs 134	5,7	8,7	3,6	4,8
G 7	Be 7	38	172	70	217
	K 40	661	246	320	105
	Pb 210	12	38	14	47
	Pb 212	0,4	3,2	0,51	3,2
	Pb 214	0,9	3,2	0,54	3,4
	Cs 137	2,8	8,3	1,2	4,2
	Cs 134	1,4	2,1	-	0,74

Die nachgewiesenen Radionuklide sind zum Teil natürlichen Ursprungs (Be 7 und K 40, Pb 210 und Pb 214 aus der Uran/Radium-Reihe, Pb 212 aus der Thorium-Reihe). Die nachgewiesenen Spaltprodukte (Cäsium 134 und 137) sind noch auf den sowjetischen Reaktorunfall von 1986 zurückzuführen. Im Vergleich zu den Meßwerten des Vorjahres sind die Spaltproduktkonzentrationen in den Grasproben konstant geblieben. Die Radionuklide Ruthen 103/106 und Cer 144 sind wie bereits im Vorjahr nicht mehr nachgewiesen worden.

2.5 Bodenproben

An denselben Stellen in der näheren Umgebung der SchachanlageASSE, an denen die Bewuchsproben entnommen werden, (s. Abb. 2) wird auch die Aktivitätskonzentration des Bodens bestimmt. Dadurch ist es möglich, die aus der Luft abgelagerte und dem Boden durch Bewässerung zugeführte Aktivität langfristig zu überwachen.

An jeder Probenahmestelle werden zweimal jährlich Proben aus den obersten 5 cm der Erdschicht entnommen. Sie werden getrocknet, von Steinen und Wurzeln befreit und anschliessend ca. 20 Stunden in einer 1 l-Ringschale gammaspektrometrisch ausgemessen. Dabei wird eine Nachweisgrenze von 0,30 Bq/kg Trockensubstanz (bezogen auf Co 60) erreicht. Die durch Gammastrahlung nachgewiesenen Nuklide sind zusammen mit den Werten aus dem Vorjahr in Tabelle 6 aufgeführt.

Neben den im Boden enthaltenen natürlichen Radionukliden und Cäsium 137, das in geringen Konzentrationen auch in den Vorjahren als langlebige Fallout-Komponente früherer Kernwaffenversuche gefunden wurde, wurde auch der Fallout nach dem sowjetischen Reaktorunglück mit seiner charakteristischen Zusammensetzung (vgl. Abschn. 2.4) gemessen, soweit diese Radionuklide noch nicht unter die Nachweisgrenze abgeklungen sind. Eine Beeinflussung durch die SchachanlageASSE ist nicht zu erkennen.

Tabelle 6: Spezifische Aktivität von Bodenproben aus der Umgebung der Schachtanlage Asse in Bq/kg Trockensubstanz
- = unterhalb der Nachweisgrenze

Probenahme- datum		<u>25.05.88</u>	<u>21.09.88</u>	<u>13.06.89</u>	<u>05.09.89</u>
Ort (s. Abb.2)	Nuklid				
G 2	K 40	535	592	629	586
	Pb 210	30	28	32	27
	Pb 212	35	38	41	38
	Pb 214	30	32	34	31
	Cs 137	28	30	35	29
	Cs 134	7,5	7,0	6,9	5,5
	Rh 106	5,4	-	-	-
G 3	K 40	597	526	636	603
	Pb 210	34	31	30	26
	Pb 212	40	35	42	40
	Pb 214	34	31	34	33
	Cs 137	32	30	32	27
	Cs 134	8,8	7,8	6,8	5,3
	Rh 106	3,8	2,7	-	-
G 4	K 40	566	534	604	568
	Pb 210	24	28	28	26
	Pb 212	36	33	38	36
	Pb 214	31	29	33	31
	Cs 137	17	21	24	29
	Cs 134	5,2	5,8	5,6	6,0
	Rh 106	-	2,2	-	-
G 7	K 40	444	447	432	434
	Pb 210	25	24	27	31
	Pb 212	27	26	26	26
	Pb 214	26	22	24	24
	Cs 137	28	31	32	56
	Cs 134	4,7	6,1	4,7	8,8
	Rh 106	-	3,3	2,5	-

2.6 Aktivitätsflächenbelegung des Bodens

An drei Meßorten in der Nähe des Anlagenzaunes (s. Abb. 2) sowie zusätzlich an einem Meßort in der jeweils herrschenden Abwindrichtung wird zweimal jährlich die Gesamt-Betaaktivitätsflächenbelegung auf der Bodenoberfläche gemessen. Dadurch ist eine schnelle Bestimmung der auf dem Boden abgelagerten radioaktiven Stoffe möglich. Für die Kurzzeitmessungen wird ein tragbarer Kontaminationsmonitor mit einer Fenstereintrittsfläche von 180 cm^2 verwendet. Bei einer Untergrundzählrate von 8 s^{-1} wird eine Nachweisgrenze von ca. $0,2 \text{ Bq/cm}^2$ erreicht. Alle Meßergebnisse im Berichtsjahr lagen wie im Vorjahr im Bereich der jeweiligen Nachweisgrenze oder darunter. Damit haben sich diese Meßwerte, die nach dem sowjetischen Reaktorunglück vorübergehend erhöht waren, praktisch wieder normalisiert. Eine Beeinflussung durch die Schachanlage Asse ist auch hier nicht zu erkennen.

2.7 Strahlung in der Umgebung

Die akkumulierte Gamma-Strahlenexposition in der Umgebung der Schachanlage Asse wird mit Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) ermittelt. Ein TL-Dosimeter ist ein passives Instrument zur Messung der Dosis, das mehrere unabhängig voneinander auswertbare TL-Detektoren auf einer Halterung enthält. Für die Auswertung werden die Meßwerte von 2 Detektoren herangezogen. Ein weiterer Detektor dient zur Bestimmung des sogen. "Fadings", einer zeitlichen Änderung der Dosimeteranzeige auf Grund der Einwirkung der Umgebungstemperatur.

Die Dosimeterkassetten werden im Umkreis von etwa einem (Meßstellen U1-U12) und zwei Kilometern um den Schacht Asse 2 (U 13 - U 24), entlang der Bahnlinie (U 25 - U 29) und am Zaun der Anlage (Z 1 - Z 10) ausgelegt und werden nach einer Exposition von ca. sechs Monaten ausgetauscht und im Institut für Strahlenschutz der GSF ausgewertet. Einen Überblick über die Lage der Meßstellen vermitteln die Abbildungen 2 und 3.



SchachanlageASSE

TL-Dosimeterstandpunkte
nach Ausschnitten aus der
Topographischen Karte 1:25000

Gerichtet	BSF	Institut für Tiefenergründung	Schwam 5
Geplant	Remington im Mar	1989	Fach 2
	<i>Heitzel</i>		Zeichnung Nr. 179 a

Abb. 3

10 11 12
4409
4408
07
05

In Tabelle 7 sind die aus den Halbjahres-Meßwerten errechneten Jahres-Ortsdosiswerte zusammen mit den Ergebnissen des Vorjahres aufgeführt und in den Diagrammen in Abb. 4 dargestellt. Die im Berichtsjahr errechneten Jahresdosen liegen noch im Schwankungsbereich der natürlichen Umgebungsstrahlung.

Die Dosisüberwachung in der Umgebung wird ergänzt durch die Messung der Gamma-Dosisleistung an den in Abb. 1 gekennzeichneten Meßorten. Es werden monatlich vier Kurzzeitmessungen an wechselnden Meßorten durchgeführt, von denen einer in der jeweils herrschenden Abwindrichtung gewählt wird (Meßort Nr. 7). Die Messungen erfolgen ca. 1 m über dem Boden mit einem hochempfindlichen Dosisleistungsmeßgerät, um den niedrigen Umgebungspegel zu erfassen. Die Meßergebnisse sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Die kleinen Schwankungen sind auf unterschiedliche Bodenverhältnisse, Bodenbedeckung und Wetterverhältnisse zurückzuführen. Ein Einfluß durch die Abluft des Bergwerkes war nicht feststellbar.

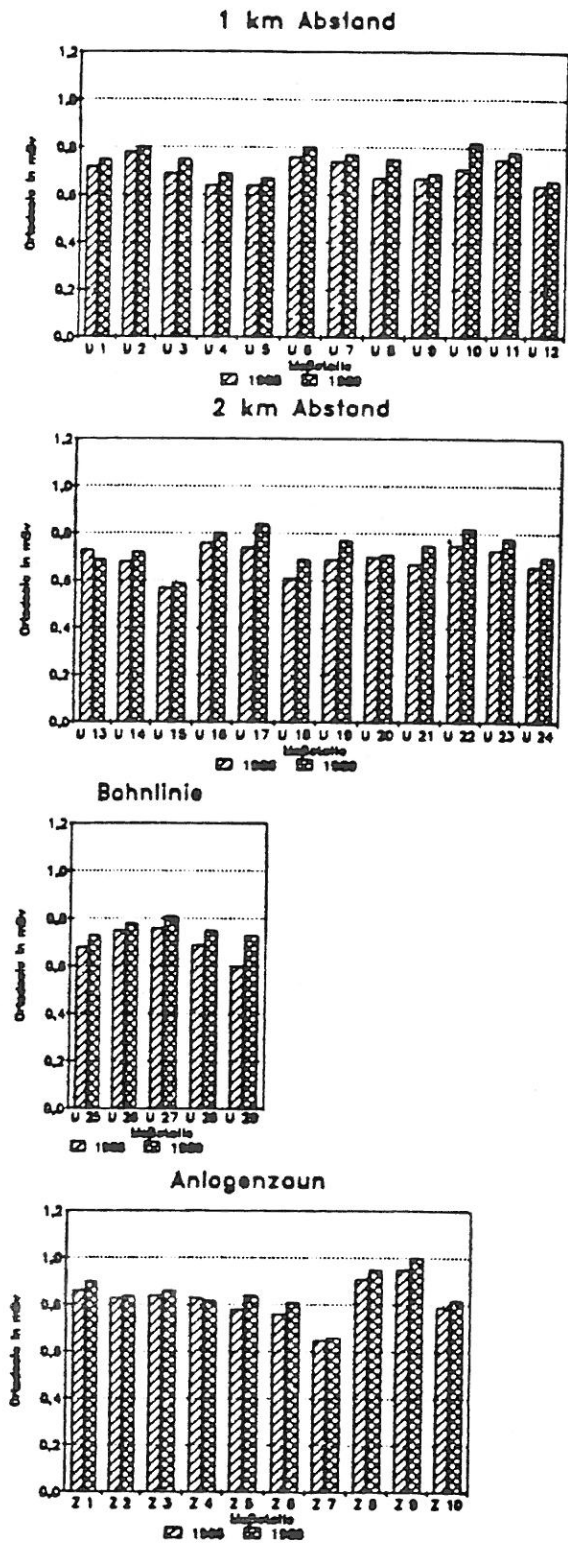


Abb. 4 Jahres-Ortsdosis in der Umgebung der Schachtanlage Asse 1988 und 1989 (in mSv)

Tabelle 7: Jahresortsdosiswerte gemessen mit Thermolumineszenz-Dosimetern in der Umgebung des Salzbergwerkes Asse (Angaben in mSv)

Meßstelle	1988	1989	Meßstelle	1988	1989
U 1	0,72	0,75	U 21	0,67	0,75
U 2	0,78	0,80	U 22	0,75	0,82
U 3	0,69	0,75	U 23	0,73	0,78
U 4	0,64	0,69	U 24	0,66	0,70
U 5	0,64	0,67	U 25	0,68	0,73
U 6	0,76	0,80	U 26	0,75	0,78
U 7	0,74	0,77	U 27	0,76	0,81
U 8	0,67	0,75	U 28	0,69	0,75
U 9	0,67	0,69	U 29	0,60	0,73
U 10	0,71	0,82			
U 11	0,75	0,78	Z 1	0,86	0,90
U 12	0,64	0,66	Z 2	0,83	0,84
U 13	0,73	0,69	Z 3	0,84	0,86
U 14	0,68	0,72	Z 4	0,83	0,82
U 15	0,57	0,59	Z 5	0,78	0,84
U 16	0,76	0,80	Z 6	0,76	0,81
U 17	0,74	0,84	Z 7	0,65	0,66
U 18	0,61	0,69	Z 8	0,91	0,95
U 19	0,69	0,77	Z 9	0,95	1,00
U 20	0,70	0,71	Z 10	0,79	0,82

Tabelle 8: Dosisleistung in der Umgebung der Schachtanlage Asse in Nanosievert pro Stunde

Meßort Nr. (s. Abb. 1)	1	2	3	4	5	7	8	9
Datum								
18.01.89	70		80			80	70	
13.02.89		70		80	80	70		
14.03.89	80		80			90		70
17.04.89		70		70		70	70	
17.05.89			80		90	70		90
15.06.89	90			70		80	80	
13.07.89		60	80			70		80
17.08.89	90			80	80	80	80	
20.09.89		70	80			80		80
17.10.89	80				70	70	80	
15.11.89			80	70		70		80
12.12.89	80	70			70	80		

3. Betrieblicher Strahlenschutz

Der betriebliche Strahlenschutz umfaßt alle Maßnahmen, die zur Überwachung und Einhaltung der einschlägigen Schutzvorschriften erforderlich sind. Dazu zählen die Messungen zur Überwachung der Ortsdosis, der Personendosis sowie eine Vielzahl von Messungen, wie z.B. zur Kontaminationskontrolle und zur Überwachung der Grubenluft. Eine Überschreitung der zugelassenen Dosis-Grenzwerte und Aktivitätskonzentrationen für beruflich strahlenexponierte Personen konnte nicht festgestellt werden.

3.1 Ortsdosismessungen

Auf dem Gelände der Schachtanlage Asse werden Messungen der Gamma-Strahlendosis mit Thermolumineszenz-Dosimetern (TLD) durchgeführt. Dazu sind an repräsentativen Stellen auf der Schachtanlage und im Grubengebäude TL-Dosimeter eingesetzt, und zwar derselbe Dosimeter-typ, der auch in der Umgebungsüberwachung eingesetzt wird. Der Austausch mit anschließender Auswertung im Institut für Strahlenschutz der GSF erfolgt nach ca. 6 Monaten. Die Jahresdosiswerte werden aus den Ergebnissen der halbjährlichen Expositionszeiträume errechnet. Wenn ein Dosimeter entwendet wurde oder unauswertbar war, wurde der Wert für die Jahresdosis aus dem Halbjahres-Meßwert errechnet.

In Tabelle 9 sind die Jahresdosiswerte und zum Vergleich die Werte aus dem Vorjahr zusammengestellt. Da kein Einlagerungsbetrieb stattfand, waren die Meßstellen über Tage (z.B. in der Schachthalle) nur der natürlichen Umgebungsstrahlung ausgesetzt. Unter Berücksichtigung der Meßgenauigkeit der Dosimeter liegen deren Meßwerte in gleicher Höhe wie die in der Umgebung ermittelten (vgl. Kap. 2.7). An den Meßstellen im Grubengebäude ist die Strahlenexposition im allgemeinen wegen der abschirmenden Deckgebirgsschichten geringer als über Tage. In Bereichen mit geringem Kaliumgehalt sind die Werte am kleinsten (z.B. Low-Level-Meßplatz).

Tabelle 9: Jahresortsdosiswerte gemessen mit TL- Dosimetern auf dem Gelände der Schachtanlage Asse und im Bergwerk in mSv

<u>Meßstelle</u>	<u>1988</u>	<u>1989</u>
Strahlenschutz-Labor	1,07	1,11
I.d. Schachthalle Anschl.	0,57	0,60
I.d. Schachthalle südl.	0,64	0,69
I.d. Schachthalle über der Umladezelle	0,61	0,64
Büro Betriebsleiter	1,02	1,11
Diffusor innen	0,67	0,71
Diffusor außen	0,86	0,90
490 m-Sohle Füllort	0,08	0,09
750 m-Sohle Füllort	0,13	0,15
490 m-Sohle, Steuerpult Ka. 8a	0,08	0,09
750 m-Sohle, Steuerpult Besch.Ka.	0,05	0,05
775 m-Sohle, Low-Level-Meßplatz	0,03	0,05
800 m-Sohle, BMT-Vers.feld	0,08	0,09
800 m-Sohle, HAW-Vers.feld,südl. Kammer	0,23	0,23
800 m-Sohle, HAW-Vers.feld,nördl. Kammer	0,25	0,26

3.2 Dosisleistungsmessungen

An allen wichtigen Betriebspunkten und insbesondere in Kontrollbereichen wurde die Gamma-Dosisleistung in regelmäßigen Abständen mit tragbaren Dosisleistungsmeßgeräten kontrolliert.

In Tabelle 10 sind die Mittelwerte der an verschiedenen Betriebspunkten gemessenen Dosisleistungen dargestellt. Sie wurden ausgewählt unter Berücksichtigung von Bereichen, die Besuchern, z.B. an Tagen der offenen Tür, zugänglich sind.

Tabelle 10: Gamma-Dosisleistung an einigen Betriebspunkten der Schachtanlage Asse in Nanosievert pro Stunde

Betriebspunkt	1988	1989
Laborraum übertage	112	113
490 m-Sohle, Steuerpult der Beschickungskammer 8a für mittelradioaktive Abfälle	14	12
725 m-Sohle, Kammer 7, ca. 1 m über den salzbedeckten schwachradioaktiven Abfällen	250	230
750 m-Sohle, Füllort	19	17
750 m-Sohle, Kammer 5, ca. 11 m von den schwachradioaktiven Abfällen entfernt	2400	2250
750 m-Sohle, vor der verschlossenen Lagerkammer 4	37	32
750 m-Sohle, Steuerpult in der Beschickungskammer	10	9
775 m-Sohle, Low-Level-Meßplatz ("Belgierstrecke")	5	5
800 m-Sohle, HAW-Versuchsfeld nördl. Kammer	36	35
800 m-Sohle HAW-Versuchsfeld südl. Kammer	32	27
800 m-Sohle MAW-Versuchsfeld	26	21
925 m-Sohle Füllort	6	5

Vergleicht man die Meßergebnisse mit den aus der Langzeitüberwachung errechneten Dosisleistungen (vgl. Kap. 3.1), so ergibt sich eine gute Übereinstimmung beider Meßverfahren (1 Mikrosievert/Stunde = 8,76 Millisievert/Jahr). Man erkennt ferner, daß die Strahlenbelastung z.B. am Steuerpult der Beschickungskammer 8a für mittelradioaktive Abfälle auf der 490 m Sohle ca. ein Zehntel des Wertes in einem übertägigen Laborraum beträgt.

3.3 Personendosisüberwachung

Die Überwachung des Betriebspersonals erfolgt mit Filmdosimetern, die von der amtlichen Meßstelle für Strahlendosimeter der GSF in Neuherberg monatlich ausgewertet werden. Im Jahre 1989 wurden insgesamt 96 Personen überwacht. Bei der Auswertung von 1122 Filmen wurde keine Dosis festgestellt.

3.4 Inkorporationsüberwachung

Das gesamte unter Tage beschäftigte Personal (96 Personen) wurde in dem auf der 490 m-Sohle installierten Ganzkörperzähler untersucht. Wie in den Vorjahren ergab sich dabei kein Hinweis auf im Beruf inkorporierte radioaktive Stoffe.

4. Emissionsüberwachung

Da aus dem Bergwerk betriebsmäßig keine Flüssigkeiten abgegeben werden, beschränkt sich die Emissionsüberwachung auf die Überwachung der Abluft. Diese wird regelmäßig auf ihren Gehalt an radioaktiven Stoffen untersucht, wobei die Aerosolaktivität kontinuierlich gemessen und registriert und Tritium sowie andere Radionuklide stichprobenartig oder durch kontinuierliche Sammlung ermittelt werden.

Soweit nicht anders vermerkt, beziehen sich die folgenden Angaben auf die Überwachung des im Schacht 2 ausziehenden Luftstromes. Auch der Schacht 4 wird mit einer Aerosolmeßstation regelmäßig überwacht. Da die Wetter in diesem Schacht nicht dauernd ausziehend waren und mit ca. 3 % zur Gesamtabluft beitrugen, wurde dieser Anteil bei der Abgabenbilanzierung vernachlässigt.

4.1 Aerosolaktivität

Zur kontinuierlichen Überwachung der Aerosolaktivität im ausziehenden Luftstrom wird über ein in den Diffusor ragendes Rohr ein Abluftteilstrom über ein Filter geleitet und die auf dem Filter akkumulierten Alpha- und Beta-Aktivitäten der abgeschiedenen Aerosole kontinuierlich gemessen und registriert.

Nach jeweils 14-tägiger Beaufschlagung werden die Filter ausgewechselt und nochmals mit einem Großflächendurchflußzähler ausgemessen. Dabei konnte anhand des Abklingverhaltens gezeigt werden, daß die kurzlebige Aerosolaktivität auf die kurzlebigen Folgeprodukte von Rn 222 und Rn 220 zurückgeführt werden kann. Das in der Natur vorkommende Edelgas Radon entsteht beim Zerfall von Radium, das in den natürlichen Zerfallsreihen des Uran und Thorium vorkommt. Es ist stets in der Umgebungsluft vorhanden und entweicht zusätzlich aus radium- und thoriumhaltigen Abfällen sowie aus den Verfestigungs- und Abschirmmaterialien Bitumen und Beton.

Die im Diffusor bestimmte Aerosolaktivitätskonzentration der Grubenabluft lag zwischen 30 Bq/m^3 und 166 Bq/m^3 und betrug durchschnittlich 66 Bq/m^3 ; sie lag damit über der natürlichen Aerosolaktivitätskonzentration in der Umgebungsluft. Durch die Verdünnung beim Austritt aus dem Diffusor wurde die Konzentration so stark vermindert, daß am Zaun keine Erhöhung der natürlichen Konzentration nachgewiesen werden konnte (s. Kap. 2.3).

Nach dem Abklingen der kurzlebigen Aerosolaktivität wurden die Filter gammaspektrometrisch auf Einzelnuclide untersucht. Dabei wurden Nachweisgrenzen von weniger als $20 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (bezogen auf Co 60) erreicht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 zusammengestellt. Darüber hinaus werden einzelne Filter stichprobenartig zu Kontrollzwecken im Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz ausgemessen. Neben Be 7 und Pb 210 wurden keine weiteren Gammastrahler mehr oberhalb der Nachweisgrenze gemessen. Die Nachweisgrenzen für Cs 137 lagen in den meisten Fällen unterhalb der in der Umgebungsluft gemessenen Cäsiumkonzentrationen (vgl. Kap. 2.3). Dadurch wird belegt, daß das in der Umgebung nachgewiesene Cäsium nicht auf Emissionen des Bergwerks zurückzuführen ist. Die Aktivitätskonzentration von Be 7 in der Abluft des Schachtes 2 ist geringer als in der Umgebungsluft. Dies kann durch die Ablagerung von Aerosolen an den rauhen Oberflächen innerhalb des Grubengebäudes erklärt werden. Im Schacht 4 ist dieser Effekt weniger ausgeprägt, was darauf hindeutet, daß die Luft einen kürzeren Weg im Grubengebäude zurückgelegt hat.

Bei Pb 210, das als langlebiges Tochterprodukt der Uran/ Radium-Zerfallsreihe auch in der Natur vorkommt, war eine Erhöhung gegenüber den gemessenen Werten in der Umgebung (vgl. Kap. 2.3 Tabelle 4) zu beobachten. Die Meßwerte für Pb 210 in der Abluft des Schachtes 2 ergaben im Jahresmittel eine Konzentration von $1,4 \text{ mBq}/\text{m}^3$. Dieser Wert liegt in einer Größenordnung, wie er auf Grund der kurzlebigen Folgeprodukte des Radons zu erwarten ist.

Tabelle 11: Aerosolaktivität in der Grubenabluft im Jahre 1989
(in mBq/m³)

Sammelzeitraum	Schacht 2			Schacht 4		
	Be 7	Pb 210	Cs 137	Be 7	Pb 210	Cs 137
27.12.-13.01.	1,08	1,73	<0,016	1,23	0,70	<0,012
13.01.-27.01.	1,13	0,77	<0,019	1,36	0,40	<0,014
27.01.-10.02.	1,40	0,93	<0,016	1,67	0,63	<0,014
10.02.-24.02.	1,29	0,96	<0,017	1,19	0,34	<0,006
24.02.-10.03.	1,10	1,32	<0,018	1,07	0,39	<0,014
10.03.-23.03.	1,00	1,30	<0,018	1,20	0,53	<0,016
23.03.-07.04.	1,35	1,87	<0,014	1,53	0,87	<0,012
07.04.-21.04.	1,34	1,65	<0,017	1,38	0,75	<0,014
21.04.-08.05.	1,29	2,18	<0,013	0,93	0,68	<0,008
08.05.-19.05.	1,67	1,89	<0,010	1,70	1,18	<0,018
19.05.-02.06.	1,41	2,14	<0,010	1,61	2,67	<0,006
02.06.-16.06.	0,89	0,96	<0,012	1,42	0,76	<0,005
16.06.-30.06.	0,96	0,94	<0,012	2,03	1,49	<0,006
30.06.-14.07.	0,84	1,09	<0,015	2,09	1,85	<0,009
14.07.-28.07.	0,60	0,93	<0,006	1,32	1,23	<0,014
28.07.-11.08.*				1,15	1,54	<0,014
11.08.-25.08.*				2,57	0,78	<0,009
25.08.-08.09.	0,63	0,86	<0,009	1,20	1,06	<0,012
08.09.-22.09.	1,08	1,95	<0,018	1,67	1,82	<0,014
22.09.-06.10.	0,40	1,83	<0,017	0,80	1,34	<0,008
06.10.-20.10.	0,80	2,12	<0,014	1,35	0,94	<0,010
20.10.-03.11.	1,01	1,97	<0,013	1,44	1,40	<0,014
03.11.-17.11.	0,71	1,87	<0,011	0,98	1,28	<0,005
17.11.-01.12.	0,74	1,00	<0,008	0,95	1,24	<0,004
01.12.-15.12.	0,80	0,92	<0,006	1,01	0,97	<0,007
15.12.-29.12.	1,06	0,97	<0,012	1,04	0,66	<0,008
29.12.-12.01.	1,16	1,38	<0,016	1,16	1,00	<0,010

* = Luftüberwachungsanlage defekt

4.2 Tritium

Da die Tritiumkonzentration in der Abluft unterhalb der Nachweisgrenze (3700 Bq/m^3) kontinuierlich anzeigender Meßgeräte liegt, erfolgt die Messung mit sammelnden Verfahren.

Zur Abgabenbilanzierung wird ein Teil des Abluftstromes kontinuierlich über ein Aerosolfilter und anschließend durch einen mit Molekularsieb gefüllten Edelstahlzylinder gepumpt. Das Molekularsieb fixiert die in der Abluft enthaltene Feuchtigkeit, Kohlendioxid und Kohlenwasserstoffe. Die Molekularsiebfüllung wird monatlich gewechselt und im Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz auf den Tritiumgehalt ausgemessen. Die gemessenen Aktivitätskonzentrationen von Tritium als HTO in der Abluft sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Zusätzlich erfolgt wöchentlich eine Probenahme zur Messung über das Kondensat der ausgefrorenen Luftfeuchte. Unter Berücksichtigung von Temperatur und relativer Feuchte ergibt sich die Aktivitätskonzentration in der Luft. Die Aktivitätsbestimmungen wurden vom Institut für Hydrologie der GSF in Neuherberg durchgeführt. Bei den wöchentlich genommenen Proben in der Abluft ergaben sich Werte zwischen 53 und 155 Bq/m^3 bei einem Jahresmittelwert von 94 Bq/m^3 .

4.3 Kohlenstoff 14

Mit der im vorigen Kapitel beschriebenen kontinuierlich betriebenen Probenahmeeinrichtung wird auch Kohlenstoff 14 in der chemischen Form von Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Kohlenwasserstoffen kontinuierlich gesammelt. Die Auswertung erfolgt durch das Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz. Der Anteil von CO_2 -gebundenem C 14 wird getrennt bestimmt und beträgt bei allen Proben etwa 90 %. Die Gesamtkonzentration an C 14 in den Monatsproben der Abluft ist Tabelle 12 zu entnehmen.

Tabelle 12: Tritium und Kohlenstoff 14 in der Abluft 1989 Aktivitätskonzentrationen in Bq/m³

<u>Sammelzeitraum</u>	<u>Tritium als HTO</u>	<u>C 14 gesamt</u>
Januar	80	2,0
Februar	70	1,7
März	80	1,7
April	100	1,6
Mai	110	1,8
Juni	110	1,8
Juli	110	2,3
August	100	2,3
September	110	2,1
Oktober	120	2,3
November	110	2,3
Dezember	100	1,8

4.4 Andere Radionuklide

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Routinemessungen werden Untersuchungen zur Bestimmung anderer Radionuklide in der Abluft des Bergwerks durchgeführt. Wegen der geringen Konzentration dieser Radionuklide müssen dafür Anreicherungsverfahren und spezielle Analysemethoden eingesetzt werden.

Die Stichprobenmessungen im Jahre 1978 hatten ergeben, daß die Konzentration von Radiojod (J 129) unter der Nachweisgrenze üblicher Meßverfahren lag. Deshalb wird auf eine Routineüberwachung von Radiojod verzichtet.

Die Bestimmung der Plutoniumkonzentration in der Abluft erfolgt im ausziehenden Wetterstrom auf der 490 m-Sohle. Dazu werden ca. 30.000 m³ Luft über ein Spezialfilter geleitet. Die Sammlung erstreckt sich jeweils über einen Zeitraum von etwa 20 Tagen. Die Ergebnisse der Pu-Analysen, die vom Institut für Strahlenschutz der GSF in Neuherberg durchgeführt wurden, sind in Tabelle 13 enthalten. Die Konzentrationen von Pu 238 und Pu 239/240 in der Abluft lagen unter der Nachweisgrenze des Analyseverfahrens.

Tabelle 13: Plutoniumkonzentration in der Abluft 1989 (in Mikrobecquerel pro Kubikmeter)

Die Nachweisgrenze entspricht einem Vertrauensbereich von 95 %

<u>Sammelzeitraum</u>	<u>Pu 238</u>	<u>Pu 239/240</u>
29.03. - 12.04.1989	<0,05	<0,13
11.10. - 27.10.1989	<0,02	<0,04

4.5 Ergebnisse der Abluftüberwachung

Um die abgegebene Aktivitätsmenge zu ermitteln, wird der Luftdurchsatz kontinuierlich gemessen und zusammen mit den Alpha- und Beta-Aerosolaktivitäten in einer Datenerfassungsanlage registriert. Aus den Wertepaaren der 10-Minuten-Mittelwerte kann die abgegebene Menge an kurzlebiger Aerosolaktivität bestimmt werden. Die Abgabewerte der übrigen Nuklide wurden aus den gemessenen Aktivitätskonzentrationen

und den in den einzelnen Probenahmezeiträumen abgeleiteten Luftmengen ermittelt. Der Jahresluftdurchsatz betrug $1,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.

Da für den August 1989 wegen eines Defektes des Aerosolsammlers keine Meßwerte vorliegen, wurde zur Abschätzung der Abgabe in diesem Zeitraum der Mittelwert der Meßergebnisse der 3 vorausgegangenen und der 3 nachfolgenden Sammelintervalle angenommen. Diese Annahme ist wegen der gleichmäßigen Aerosolkonzentration der Abluft gerechtfertigt.

Die jährlichen Emissionen sind mit den Werten des Vorjahres in Tabelle 14 zusammengestellt. Es wurden alle nachgewiesenen Nuklide aufgeführt, soweit sie nicht in der gleichen Konzentration bereits in der Umgebungsluft vorhanden waren. In der am 01.11.1989 in Kraft getretenen Neufassung der Strahlenschutzverordnung (BGBI Nr. 34, S. 1321 vom 30.06.1989) sind nunmehr unterschiedliche Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr für Radon 222 allein und Radon 222 im Gleichgewicht mit seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten festgelegt. Dementsprechend sind in Tabelle 14 die betreffenden Jahresabgaben getrennt ausgewiesen. Die Aktivität der kurzlebigen Folgeprodukte wurde direkt aus der gemessenen Alpha-Aktivität der Aerosolsammler ermittelt. Da Radon 222 nicht auf Sammelfilter abgeschieden wird, wurde die Aktivität konservativ aus der Alpha- und Betaaktivität der kurzlebigen aerosolgebundenen Folgeprodukte abgeschätzt. Die Emissionswerte liegen in der gleichen Größenordnung wie im Vorjahr.

Die Aktivitätskonzentration in der Umgebung kann unter Berücksichtigung der Ausbreitungssituation berechnet werden.

Für die ungünstigste Einwirkungsstelle in der Umgebung der Schachanlage (nordöstl. des Diffusors am Zaun der Anlage) wurde auf Grundlage der "Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zum § 45 der Strahlenschutzverordnung" (vgl. Kap. 5) ein Langzeitausbreitungsfaktor von $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ s/m}^3$ abgeschätzt. Die damit berechneten Erhöhungen der mittleren Aktivitätskonzentrationen in der Luft sind in Tabelle 14 angegeben. Die Konzentrationsänderungen sind so niedrig, daß eine

Erfassung in der Umgebung der Schachtanlage trotz bester meßtechnischer Ausstattung nur noch rechnerisch möglich ist. Die errechneten Werte für Pb 210 und kurzlebige Aerosole unterschreiten außerdem die mittleren natürlich vorkommenden Konzentrationen dieser Nuklide in der Umgebungsluft. Ein Anstieg der natürlichen Aerosolaktivität der Luft in der Umgebung der Schachtanlage war daher nicht zu erwarten. Dieses wurde durch die Umgebungsüberwachungsmessungen (s. Kap. 2.3) bestätigt.

Tabelle 14: Jahresemission und berechneter Jahresmittelwert der Konzentrationserhöhung in der Luft an der ungünstigsten Einwirkungsstelle

Nuklid	Abgabe 1987 GBq	Abgabe 1988 GBq	Konzentrationserhöhung in der Luft Jahresmittel in mBq/m ³
H 3	158	138	652
C 14	3,25	2,1	13
Pb 210	0,0021	0,0020	0,009
Rn 222	108	120	446
Rn 222 ¹⁾	38	-	157

1) im Gleichgewicht mit seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten

Tabelle 15:

Potentielle Strahlenexposition für Erwachsene durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert.
(Auf eine Nachkommastelle gerundet)

ORGAN	H3	C14	Pb210	Rn222-Fp	Rn222	SUMME	Grenzwert	X-Ant. v. Grenzw.
Blase	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	900,0	1,8
Brust	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	900,0	1,8
O.Dickdarm	0,7	14,0	1,5	0,0	0,0	16,2	900,0	1,8
U.Dickdarm	0,7	14,0	1,5	0,0	0,0	16,2	900,0	1,8
Duenn darm	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	900,0	1,8
Gehirn	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	900,0	1,8
Haut	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	1800,0	0,9
Hoden	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	300,0	5,4
Kn.-Oberfl.	0,7	14,0	255,4	0,0	0,0	270,1	1800,0	15,0
Leber	0,7	14,0	70,8	0,0	0,0	85,5	900,0	9,5
Lunge	0,7	14,0	1,4	43,6	2,4	62,1	900,0	6,9
Magen	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	900,0	1,8
Milz	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	900,0	1,8
N.Nieren	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	900,0	1,8
Nieren	0,7	14,0	32,5	0,0	0,0	47,2	900,0	5,3
Ovarien	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	300,0	5,4
Pankreas	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	900,0	1,8
R.-Kn.mark	0,7	14,0	17,4	0,0	0,0	32,1	300,0	10,7
Schilddr.	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	1800,0	0,9
Thymus	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	900,0	1,8
Uterus	0,7	14,0	1,4	0,0	0,0	16,1	300,0	5,4
Effektiv	0,7	14,0	17,4	5,2	0,3	37,6	300,0	12,5

Tabelle 16:

Potentielle Strahlenexposition fuer Kleinkinder durch Inhalation und Ingestion in Mikro-Sievert.
(Auf eine Nachkommastelle gerundet)

ORGAN	H3	C14	Pb210	Rn222-Fp	Rn222	SUMME	Grenzwert	X-Ant. v. Grenzw.
Blase	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	900,0	2,9
Brust	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	900,0	2,9
O.Dickdarm	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	900,0	2,9
U.Dickdarm	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	900,0	2,9
Duenn darm	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	900,0	2,9
Gehirn	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	900,0	2,9
Haut	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	1800,0	1,4
Hoden	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	300,0	8,7
Kn.-Oberfl.	0,6	24,5	108,5	0,0	0,0	133,6	1800,0	7,4
Leber	0,6	24,5	35,6	0,0	0,0	60,7	900,0	6,8
Lunge	0,6	24,5	0,8	83,4	4,7	114,1	900,0	12,7
Magen	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	900,0	2,9
Milz	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	900,0	2,9
N.Nieren	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	900,0	2,9
Nieren	0,6	24,5	12,6	0,0	0,0	37,8	900,0	4,2
Ovarien	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	300,0	8,7
Pankreas	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	900,0	2,9
R.-Kn.mark	0,6	24,5	9,7	0,0	0,0	34,9	300,0	11,6
Schilddr.	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	1800,0	1,4
Thymus	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	900,0	2,9
Uterus	0,6	24,5	0,8	0,0	0,0	26,0	300,0	8,7
Effektiv	0,6	24,5	7,9	10,1	0,6	43,8	300,0	14,6

4.6 Potentielle Strahlenbelastung in der Umgebung

Die durch die Emission radioaktiver Stoffe verursachte Strahlenexposition der in der Umgebung wohnenden Bevölkerung kann nicht direkt gemessen werden. Es werden vielmehr Rechenmodelle eingesetzt, um aus den bekannten Abgabemengen mögliche Strahlenbelastungen abzuleiten.

Dabei werden durch ungünstige Modellannahmen und kritische Wahl der benötigten Parameter fiktive Dosiswerte ermittelt, die stets größer sind als die tatsächlich auftretenden Strahlenexpositionen durch die Emission der Anlage.

Im Rahmen der Neufassung der Strahlenschutzverordnung wurde die Vorschrift zur Berechnung der Strahlenexposition durch Ableitung radioaktiver Stoffe präzisiert und erweitert. Damit wurde die "Allgemeine Berechnungsgrundlage" (BMI 1979) durch die nunmehr anzuwendenden Vorschriften des § 45(2) und Anlage XI der Strahlenschutzverordnung und der "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift des § 45 der Strahlenschutzverordnung" (Bundesanzeiger 31, Nr. 64 vom 31. März 1990) ersetzt. Zur Ermittlung der Strahlenexposition sind die Dosisfaktoren aus der im Bundesanzeiger Nr. 185a vom 30. September 1989 bekanntgegebenen Zusammenstellung zu verwenden. Da in dieser Zusammenstellung keine Dosisfaktoren für Radon 222 und seine kurzlebigen Folgeprodukte enthalten sind, wurden diese aus den Grenzwerten der Jahresaktivitätszufuhr gem. Anlage IV, Tab. 4, Spalte 5 der Strahlenschutzverordnung abgeleitet.

Bei der Berechnung der Strahlenexposition wurden nur die Expositionspfade für Inhalation und Ingestion berücksichtigt. Die Gamma-submersion, Betasubmersion und Gamma-Bodenstrahlung können wie in den Vorjahren vernachlässigt werden.

In den Tabellen 15 und 16 sind für die Referenzpersonen die errechneten Jahresdosiswerte für die Inhalation- und Ingestion nuklidspezifisch für alle relevanten Organe und Gewebe aufgeführt und als Summe ausgewiesen. In der letzten Spalte ist angegeben, zu welchem Prozentsatz die Dosisgrenzwerte nach § 45 der Strahlenschutzverordnung erreicht wurden. Als Summe ergibt sich für den Ganzkörper eine effektive Jahresdosis für den Erwachsenen von 38 μSv und für das Kleinkind von 44 μSv . Man erkennt, daß die durch die Emissionen bedingte Strahlenexposition in der Umgebung der Schachtanlage Asse weit unter den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung liegt.

5. Zusammenfassung

Die Strahlenschutzmessungen im Bergwerk und in der Umgebung der Schachtanlage Asse wurden wie in den vergangenen Jahren fortgesetzt. In den Programmen zur Abluft- und Umgebungsüberwachung sind im wesentlichen die bisherigen Überwachungsmaßnahmen und die im Rahmen von Forschungsvorhaben durchgeführten Untersuchungen zusammengefaßt.

Die Anzahl der jährlichen innerhalb des betreibereigenen Programms zur Umgebungsüberwachung vorgenommenen Probenahmen und Messungen

blieb mit 368 gegenüber dem Vorjahr unverändert. Alle Messungen lieferten Werte im Bereich der natürlichen Umweltradioaktivität. In einigen Fällen waren auch die langfristigen Auswirkungen früherer Kernwaffenversuche sowie des sowjetischen Reaktorunglücks nachweisbar.

Die Mitarbeiter wurden entsprechend der Strahlenschutzverordnung laufend überwacht. Ebenso erfolgten die Messung der Ortsdosis, der Ortsdosisleistung sowie der Aktivität der Grubenluft im Rahmen des betrieblichen Strahlenschutzes. Eine Überschreitung der zugelassenen Personendosen und Aktivitätswerte für beruflich strahlenexponierte Personen konnte nicht festgestellt werden.

In der Abluft des Salzbergwerkes konnten Anreicherungen der Nuklide H 3, C 14, Pb 210 und der kurzlebigen Folgeprodukte von Rn 222 und Rn 220 nachgewiesen werden. Die aus den ermittelten Jahresabgabewerten errechneten Konzentrationen in der Umgebung der Schachtanlage lagen teilweise unter den mittleren natürlich vorkommenden Konzentrationen dieser Nuklide. Die durch die Emissionen bedingte Strahlenexposition an der ungünstigsten Einwirkungsstelle in der Umgebung lag weit unter den Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung.

Die mit der Lagerung von radioaktiven Abfällen und der Durchführung von Forschungsaufgaben im Salzbergwerk Asse zusammenhängende Strahlenexposition lieferte für die Belegschaft und die Bevölkerung der umliegenden Ortschaften im Vergleich zur natürlichen und zivilisatorischen Strahlenbelastung einen unbedeutenden Beitrag.